

[First Hit](#)[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

Generate Collection

Print

L1: Entry 6 of 9

File: JPAB

Feb 10, 1995

PUB-NO: JP407041856A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07041856 A

TITLE: PRODUCTION OF HIGH STRENGTH STEEL PIPE EXCELLENT IN SULFIDE STRESS CORROSION CRACKING RESISTANCE

PUBN-DATE: February 10, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KURIKI, YOSHIRO

MINAMI, YUSUKE

ISHIZAWA, YOSHIKAZU

NAKAJIMA, KATSUMI

INT-CL (IPC): [C21 D 8/10](#); [C22 C 38/00](#); [C22 C 38/32](#)

ABSTRACT:

PURPOSE: To produce a high strength steel pipe excellent in sulfide stress corrosion cracking resistance by forming a steel pipe in such a manner that the componental compsn. and seamless rolling temp. are specified, completing its bainitic transformation and executing hardening and tempering at specified temps.

CONSTITUTION: A billet contg., by weight; 0.15 to 0.4%, C, 0.1 to 1% Si, 0.3 to 1% Mn, 0.1 to 1.5% Cr, 0.1 to 1% Mo, $\leq 0.015\%$ P, $\leq 0.005\%$ S, 0.0005 to 0.003% B, 0.01 to 0.1% Al and 0.003 to 0.01% N and contg. one or \geq two kinds among 0.01 to 0.05% Nb, 0.01 to 0.5% V and 0.01 to 0.03% Ti, and the balance Fe with inevitable impurities is subjected to seamless rolling so as to regulate the final finish temp. into the recrystallization temp. $\pm 50^\circ\text{C}$ and is worked into a steel pipe. This steel pipe is subjected to accelerated cooling to complete its bainitic transformation, is heated in the temp. range of the Ac3 transformation point (790 to 830°C) to the Ac3 transformation point+ $<100^\circ\text{C}$, is hardened from the same temp. and is thereafter tempered at the Ac1 transformation point or below.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-41856

(43) 公開日 平成7年(1995)2月10日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 8/10		C 7412-4K		
C 2 2 C 38/00	3 0 1	F		
38/32				

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-204494

(22) 出願日 平成5年(1993)7月28日

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 栗木 良郎

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 南 雄介

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 石沢 嘉一

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74) 代理人 弁理士 川和 高穂

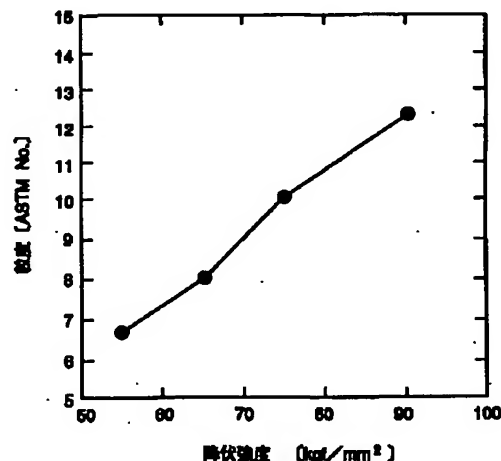
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造法

(57) 【要約】

【目的】 耐応力腐食割れ性に優れ、かつ降伏強度が75 kgf/mm² 以上の高強度を有する油井あるいはガス井用鋼管を省エネルギー及び省コストを達成しながら製造する方法を目的とする。

【構成】 所定の成分組成を有する低合金鋼のピレットを用意する工程と、仕上がり温度が再結晶温度±50℃となるようにシームレス圧延する工程と、続いてベイナイト組織となるように加速冷却する工程と、更にAc₃ 以上+100℃未満の温度に加熱し、該温度から焼入れする工程と、その後Ac₁ 変態点以下の温度で焼戻す工程とを備えた耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記の工程を備えた耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造方法（成分組成はwt%である）。

(a) C:0.15~0.4%、 Si:0.1~1%、
Mn:0.3~1%、 Cr:0.1~1.5%、
Mo:0.1~1%、 P:0.015% 以下、
S:0.005%以下、 B:0.0005~0.003%、
Al:0.01~0.1%、 N:0.003~0.01%

を含有し、更に、
Nb:0.01~0.05%、 V:0.01~0.05%、
及び Ti:0.01~0.03%の一種又は二種を含有し、
残部がFeと不可避不純物からなる成分組成のビレットを用意する工程と、(b)前記ビレットをシームレス圧延の最終仕上がり温度が、再結晶温度±50℃となるようにシームレス圧延して、鋼管に加工する工程と、(c)シームレス圧延された前記鋼管を加速冷却し、ベイナイト変態を完了させる工程と、(d)ベイナイト変態を完了させた前記鋼管を、Ac₃変態点から該変態点+100℃未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、(e)焼入れした前記鋼管をAc₁変態点以下の温度で焼戻す工程。

【請求項2】 下記の工程を備えた耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造方法（成分組成はwt%である）。

(a) C:0.15~0.4%、 Si:0.1~1%、
Mn:0.3~1%、 Cr:0.1~1.5%、
Mo:0.1~1%、 P:0.015% 以下、
S:0.005%以下、 B:0.0005~0.003%、
Al:0.01~0.1%、 N:0.003~0.01%

を含有し、更に、
Nb:0.01~0.05%、 V:0.01~0.05%、
及び Ti:0.01~0.03%の一種又は二種を含有し、
残部がFeと不可避不純物からなる成分組成のビレットを用意する工程と、(b)前記ビレットをシームレス圧延の最終仕上がり温度が、再結晶温度±50℃となるようにシームレス圧延して、鋼管に加工する工程と、(c)シームレス圧延された前記鋼管を加速冷却し、ベイナイト変態を完了させる工程と、(d)ベイナイト変態を完了させた前記鋼管をAc₁変態点以下の温度で焼戻す工程と、(e)焼戻された前記鋼管を、Ac₃変態点から該変態点+100℃未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、(f)焼入れした前記鋼管をAc₁変態点以下の温度で焼戻す工程。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特に湿潤硫化水素と応力の組み合わせられた環境下で発生する硫化物応力腐食割れ（以下SSCCと略する）に対し高い抵抗性を有し、降伏強度が75kgf/mm²以上の高強度を有する油

井あるいはガス井用シームレス鋼管を製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年のエネルギー事情の逼迫に伴い、これまで開発されていない深層部でかつ硫化水素を含む油井、又はガス井も開発の対象となり、これらに使用する油井管として高強度とSSCCに対する高い抵抗性を具備したシームレス鋼管（継ぎ目なし鋼管）の製造が強く望まれている。

10 【0003】油井管として使用される鋼管は通常一回の焼入れ焼戻しの熱処理が施されているが、これまでの経験からSSCCを防止するには、鋼管の硬度をロックウェルCスケールで20~22以下に規制することが有効とされている。

【0004】しかし、この硬度の規制に従うと降伏強度は高々70kgf/mm²とせざるを得ず、それ以上の高強度と耐SSCC性を兼ね備えた鋼管を製造することは困難であった。

20 【0005】一方、耐SSCC性の評価方法としては米国におけるNACEの規格TM-01-77に定められている硫化水素飽和5%NaCl-0.5%酢酸水溶液中での定荷重引張試験がよく知られている。この規格は、SSCCを発生しない最高応力と材料の公称降伏応力との比を百分率で表した「割れ限界比(σ_{th}/Y_S)」が85%以上の耐SSCC性と、降伏強度75kgf/mm²以上の高強度との双方を両立させる方法として、結晶粒を微細化することが有効であることを示している。

30 【0006】これを具体化するための方策として、特開昭59-232220号公報に開示されているように、製造された鋼管に対し、焼入れ、焼戻しの処理を2回以上施すもの、あるいは特開昭59-119324号公報に開示されているように、焼入れ処理前の昇温温度を著しく大とする方法が提案されている。

40 【0007】一方、油井あるいはガス井に用いられるシームレス鋼管は近年省エネルギー、省コストの観点から、例えば特開昭57-39129号公報に開示されている通り、熱間での鋼管圧延後その保有する温度を利用してAc₃点以上の温度から水焼入れし、しかる後に焼戻しを行うことが行われている。

【0008】この方法はいわゆる直接焼入れ法と呼ばれ、最近では多く利用されている。ところが、鋼管圧延後室温まで冷却し、再加熱によって所定の焼入れ温度まで昇温させ、続いて焼入れを行う従前の鋼管製造法に比べ、直接焼入れにより製造された鋼管は、焼入れによるオーステナイト→フェライト変態及びその逆方向の変態過程が省略されるため結晶粒が微細化せず、そのため十分な耐SSCC性が確保できなかった。

【0009】

50 【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、省

エネルギーの観点から、一度の焼入れ焼き戻し熱処理によって、「割れ限界比 (σ_{th}/YS)」で85%以上の耐SSCC性と降伏強度75kgf/mm²以上の高強度を両立させることができる細粒組織を有する高強度シームレス鋼管を製造する方法を提供することを目的とする。また、本発明は直接焼入れ設備が具備されていれば、これを利用することにより省エネルギーが達成できる製造方法である。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する方法は、所定成分の低合金鋼を、従来のシームレス圧延を行い、この際圧延仕上がり温度を該低合金鋼の再結晶温度 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ とし、その後水冷と空冷を組み合わせてベイナイト組織を得て、しかる後に焼入れし細粒組織をえて、適当な温度で焼き戻す方法である。

【0011】(1)請求項1の発明は下記の工程を備えた耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造方法(成分組成はwt%である)である。

(a) C:0.15~0.4%、Si:0.1~1%、Mn:0.3~1%、Cr:0.1~1.5%、Mo:0.1~1%、

P:0.015%以下、S:0.005%以下、B:0.0005

~0.003%、Al:0.01~0.1%、N:0.003~0.01%を含有し、更に、Nb:0.01~0.05%、V:0.01~0.05%

、及びTi:0.01~0.03%の一種又は二種を含有し、残部がFeと不可避不純物からなる成分組成のビレットを用意する工程と、(b)前記ビレットをシームレス圧延の最終仕上がり温度が、再結晶温度 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ となるようにシームレス圧延して、鋼管に加工する工程と、(c)シームレス圧延された前記鋼管を加速冷却し、ベイナイト変態を完了させる工程と、(d)ベイナイト変態を完了させた前記鋼管を、 Ac_3 変態点から該変態点 $+100^{\circ}\text{C}$ 未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、

(e)焼入れした前記鋼管を Ac_1 変態点以下の温度で焼戻す工程。

【0012】(2)請求項2の発明は下記の工程を備えた耐硫化物応力腐食割れ性に優れた高強度鋼管の製造方法(成分組成はwt%である)である。

(a) C:0.15~0.4%、Si:0.1~1%、Mn:0.3~1%、Cr:0.1~1.5%、Mo:0.1~1%、

P:0.015%以下、S:0.005%以下、B:0.0005

~0.003%、Al:0.01~0.1%、N:0.003~0.01%を含有し、更に、Nb:0.01~0.05%、V:0.01~0.05%

、及びTi:0.01~0.03%の一種又は二種を含有し、残部がFeと不可避不純物からなる成分組成のビレットを用意する工程と、(b)前記ビレットをシームレス圧延の最終仕上がり温度が、再結晶温度 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ となるようにシームレス圧延して、鋼管に加工する工程と、(c)シームレス圧延された前記鋼管を加速冷却し、ベイナイト変態を完了させる工程と、(d)ベイナイト変態を完了させた前記鋼管を Ac_1 変態点以下の温度で焼戻す工程と、

(e)焼戻された前記鋼管を、 Ac_3 変態点から該変態点 $+100^{\circ}\text{C}$ 未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、(f)焼入れした前記鋼管を Ac_1 変態点以下の温度で焼戻す工程。

【0013】

【作用】以下、まず本発明において鋼の成分組成(wt%である)を上記のように限定した理由について述べる。

【0014】C:0.15~0.4%とする。Cは低合金鋼の強度を確保する作用のほか、焼入れ性や焼戻し抵抗を向上させるための必須な元素として、その含有量を0.15%以上とした。しかし、0.4%を超えて含有させると焼入れ時に割れを生じたり、靱性の劣化を招いたりすることとなるので、C含有量を上記の範囲とする。

【0015】S:0.1~1%とする。Siは鋼の脱酸剤としての作用のほか、鋼材の強度を向上させる作用があるので、0.1%以上の添加を必要とするが、1%を超えて含有させると靱性の劣化をきたし、粒界強度も減少させるのでその上限を1%とする。

【0016】Mn:0.3~1%とする。Mnは鋼の脱酸剤としての作用のほか、焼入れ性を向上させ、赤熱脆性を防止するために有効な成分であり、0.3%以上を添加する。他方、1%を超えて含有させると靱性を劣化させ、粒界強度も劣化させるので上限を1%とする。

【0017】Cr:0.1~1.5%とする。Crは焼入れ性の向上に著しく効果を示す元素で、鋼の強度も増加せしめる作用があるが、その含有量が0.1%未満では前記作用に所望の効果をj得ることができず、多量に添加すると明らかに耐SSCC性を低下させるので、その上限を1.5%とする。

【0018】Mo:0.1~1%とする。Moには鋼の焼戻し軟化抵抗を高める作用があるが、0.1%以下ではその効果が小さく、他方1%を超えて含有させると鋼の脆化や靱性の劣化をきたすようになることからMoの含有量は上記範囲とする。

【0019】P:0.015%以下とする。Pは粒界強度を低下させる有害な元素であり、特にその含有量が0.015%を超えると耐SSCC性が劣化することから、その含有量を0.015%以下とする。

【0020】S:0.005%以下とする。Sは鋼中の不可避な不純物であり、多量に含むとMnSを形成しこれが割れの起点となる。従って、Sの含有量は0.005%以下とする。

【0021】B:0.0005%~0.003%とする。Bを0.005%以上含有させると鋼の焼入れ性を向上させることができるが、多量に添加してもその効果が飽和するのみならず、熱間加工時に割れを生じることからBの含有量は上記範囲とする。

【0022】Al:0.01~0.1%とする。Alは

(e)焼戻された前記鋼管を、 Ac_3 変態点から該変態点 $+100^{\circ}\text{C}$ 未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、(f)焼入れした前記鋼管を Ac_1 変態点以下の温度で焼戻す工程。

【0013】

【作用】以下、まず本発明において鋼の成分組成(wt%である)を上記のように限定した理由について述べる。

【0014】C:0.15~0.4%とする。Cは低合金鋼の強度を確保する作用のほか、焼入れ性や焼戻し抵抗を向上させるための必須な元素として、その含有量を0.15%以上とした。しかし、0.4%を超えて含有させると焼入れ時に割れを生じたり、靱性の劣化を招いたりすることとなるので、C含有量を上記の範囲とする。

【0015】S:0.1~1%とする。Siは鋼の脱酸剤としての作用のほか、鋼材の強度を向上させる作用があるので、0.1%以上の添加を必要とするが、1%を超えて含有させると靱性の劣化をきたし、粒界強度も減少させるのでその上限を1%とする。

【0016】Mn:0.3~1%とする。Mnは鋼の脱酸剤としての作用のほか、焼入れ性を向上させ、赤熱脆性を防止するために有効な成分であり、0.3%以上を添加する。他方、1%を超えて含有させると靱性を劣化させ、粒界強度も劣化させるので上限を1%とする。

【0017】Cr:0.1~1.5%とする。Crは焼入れ性の向上に著しく効果を示す元素で、鋼の強度も増加せしめる作用があるが、その含有量が0.1%未満では前記作用に所望の効果をj得ることができず、多量に添加すると明らかに耐SSCC性を低下させるので、その上限を1.5%とする。

【0018】Mo:0.1~1%とする。Moには鋼の焼戻し軟化抵抗を高める作用があるが、0.1%以下ではその効果が小さく、他方1%を超えて含有させると鋼の脆化や靱性の劣化をきたすようになることからMoの含有量は上記範囲とする。

【0019】P:0.015%以下とする。Pは粒界強度を低下させる有害な元素であり、特にその含有量が0.015%を超えると耐SSCC性が劣化することから、その含有量を0.015%以下とする。

【0020】S:0.005%以下とする。Sは鋼中の不可避な不純物であり、多量に含むとMnSを形成しこれが割れの起点となる。従って、Sの含有量は0.005%以下とする。

【0021】B:0.0005%~0.003%とする。Bを0.005%以上含有させると鋼の焼入れ性を向上させることができるが、多量に添加してもその効果が飽和するのみならず、熱間加工時に割れを生じることからBの含有量は上記範囲とする。

【0022】Al:0.01~0.1%とする。Alは

(e)焼戻された前記鋼管を、 Ac_3 変態点から該変態点 $+100^{\circ}\text{C}$ 未満の温度範囲に加熱し、該温度から焼入れする工程と、(f)焼入れした前記鋼管を Ac_1 変態点以下の温度で焼戻す工程。

【0013】

【作用】以下、まず本発明において鋼の成分組成(wt%である)を上記のように限定した理由について述べる。

【0014】C:0.15~0.4%とする。Cは低合金鋼の強度を確保する作用のほか、焼入れ性や焼戻し抵抗を向上させるための必須な元素として、その含有量を0.15%以上とした。しかし、0.4%を超えて含有させると焼入れ時に割れを生じたり、靱性の劣化を招いたりすることとなるので、C含有量を上記の範囲とする。

【0015】S:0.1~1%とする。Siは鋼の脱酸剤としての作用のほか、鋼材の強度を向上させる作用があるので、0.1%以上の添加を必要とするが、1%を超えて含有させると靱性の劣化をきたし、粒界強度も減少させるのでその上限を1%とする。

【0016】Mn:0.3~1%とする。Mnは鋼の脱酸剤としての作用のほか、焼入れ性を向上させ、赤熱脆性を防止するために有効な成分であり、0.3%以上を添加する。他方、1%を超えて含有させると靱性を劣化させ、粒界強度も劣化させるので上限を1%とする。

【0017】Cr:0.1~1.5%とする。Crは焼入れ性の向上に著しく効果を示す元素で、鋼の強度も増加せしめる作用があるが、その含有量が0.1%未満では前記作用に所望の効果をj得ることができず、多量に添加すると明らかに耐SSCC性を低下させるので、その上限を1.5%とする。

【0018】Mo:0.1~1%とする。Moには鋼の焼戻し軟化抵抗を高める作用があるが、0.1%以下ではその効果が小さく、他方1%を超えて含有させると鋼の脆化や靱性の劣化をきたすようになることからMoの含有量は上記範囲とする。

【0019】P:0.015%以下とする。Pは粒界強度を低下させる有害な元素であり、特にその含有量が0.015%を超えると耐SSCC性が劣化することから、その含有量を0.015%以下とする。

【0020】S:0.005%以下とする。Sは鋼中の不可避な不純物であり、多量に含むとMnSを形成しこれが割れの起点となる。従って、Sの含有量は0.005%以下とする。

【0021】B:0.0005%~0.003%とする。Bを0.005%以上含有させると鋼の焼入れ性を向上させることができるが、多量に添加してもその効果が飽和するのみならず、熱間加工時に割れを生じることからBの含有量は上記範囲とする。

【0022】Al:0.01~0.1%とする。Alは

5

鋼の脱酸剤として有用な元素であり、Tiとならんで鋼中のNと結合して窒化物を形成し、Bの作用を顕在化させる元素であり、その含有量を0.01%以上とする。また、0.1%を超える過剰な含有量は Al_2O_3 を増加させ、耐SSCC性を低下させることからAlの含有量は0.01~0.1%とする。

【0023】N:0.003~0.01%とする。NはTiおよびAlと反応し窒化物を形成する。特にTiNは鋼の粒成長を抑制し、微細化する作用がある。添加したTiを結晶粒微細化に有効に作用するTiNとして鋼中に析出させるためには、化学量論的考慮から、0.003%以上とする。他方0.01%を超えて含有させると、B添加の効果を減少させ、焼入れ性劣化を招くようになるので、N含有量を0.003~0.01%とする。以上が請求項1の成分組成の作用である。

【0024】NbおよびV:共に0.01%~0.05%とする。NbおよびVは圧延中の再結晶粒を細かくする効果を有するため、より微細な結晶粒を所望する場合添加する元素である。この効果は0.01%未満では十分でなく、0.05%を超えてもその効果が飽和するばかりか、靱性の低下を招くことから、両元素の含有量を共に0.01%~0.05%とする。

【0025】Ti:0.01~0.03%とする。TiはAlと同様にNをTiNとして固定し、間接的にBの焼入れ性向上を図る。また、TiNを微細に分散析出させると、ビレット加熱時の結晶粒の粗大化を抑制する効果がある。しかし、その含有量が0.01%未満では前記所望の効果を得ることができず、他方0.03%を超えて含有させると、TiNの凝集粗大化によって結晶粒成長の抑制に効果がないばかりか靱性の劣化を招くことになるのでTi含有量を0.01~0.03%とする。

【0026】次に熱処理方法について述べる。従来の製造方法では、鋼管圧延後その鋼管を空冷し、しかる後に焼入れ焼き戻しを行っていたが、この場合は結晶粒度は高々ASTM No8で、 σ_{th}/YS が0.85以上となる降伏強度は65kgf/mm²に止まっていた。

【0027】本発明においては、シームレス圧延後一回の焼入れ焼き戻し処理によって微細な結晶組織を得て、優れた耐SSCC性を有するシームレス鋼管を製造する方法を種々検討した結果、焼き戻しマルテンサイト組織の旧オーステナイト粒度と耐SSCC性との間に図1の関係があることを見いだした。図1は鋼管圧延後、冷却速度を種々変化させ、その後焼入れ焼き戻しを行い、 σ_{th}/YS が0.85以上となる焼入れ前の旧オーステナイト粒度と降伏強度との関係を示す。

【0028】図1から、旧オーステナイト粒度を細粒化することにより降伏強度を高く出来ることが判明し、更に、後に示す実施例でも明らかとなり、旧オーステナイト粒度を細粒化するためには、鋼管圧延後の組織をマルテンサイト組織又はフェライトーパーライト組織とす

6

るよりもベイナイト組織としておくことが必要であることが明らかとなった。また、限界降伏強度を75kgf/mm²以上とするには旧オーステナイト粒度番号を10番以上とすることが必要である。

【0029】焼入れ前の組織をベイナイト組織とするためには、圧延終了温度を、再結晶温度±50℃とする。この温度が再結晶温度+50℃を超えると、冷却速度を制御してベイナイト組織を得ても、焼入れ時のオーステナイト粒度番号(焼入れ焼き戻し後に測定されるオーステナイトの粒度番号である)は10番より小さくなり、所望の特性を達成できない。

【0030】一方、この温度が再結晶温度-50℃を下回ると、焼入れ時のオーステナイト粒度番号(焼入れ焼き戻し後に測定されるオーステナイトの粒度番号である)は10番、もしくはそれ以上の細粒組織は得られるが、シームレス圧延時の熱間変形抵抗が増大するので、圧延疵や割れが多発するので好ましくない。

【0031】ベイナイト変態を起こさせるには、例えばミスト冷却により1~5℃/sec程度で加速冷却し、ベイナイト変態を完了させた後は、例えば空冷し、組織の一部がマルテンサイト変態をしないように配慮する事が必要である。

【0032】次に、焼入れ条件について述べる。焼入れ温度は Ac_3 変態点から該変態点+100℃未満の温度範囲とするが、この理由は、 Ac_3 変態点未満の温度ではフェライト相が一部発生し、100%マルテンサイト組織とすることが出来ず、従って焼き戻し後に所望の強度が得られないためであり、他方、該変態点+100℃以上の温度とすると、オーステナイト粒が粗大化するからである。なお、本発明鋼では、 Ac_3 変態点は790~830℃の範囲である。

【0033】焼入れ後の焼き戻し温度はフェライトを析出させないこと、および、結晶粒の粗大化を防止するため、 Ac_1 変態点以下とする。この際、焼き戻し温度は目的とする鋼管の強度に応じて上下させればよい。この強度を高くする場合は、低温で、この強度を低くする場合は高温で焼き戻す。なお、 Ac_1 変態点は730~750℃の範囲である。

【0034】請求項2では圧延後にベイナイト組織を得た後、一回目の焼き戻しを行うが、この目的は加速冷却後の残留歪みの除去を目的としており、置き割れを防止し、また、組織の均一化も得られ、耐SSCC性が向上する。

【0035】

【実施例】本発明の実施例について説明する。表1に示す成分組成の鋼を用いて製造されたシームレス鋼管の特性を、製造方法と合わせて表2に示す。本実施例においては、連続鋳造法、または、鋳塊一造塊法により製造したビレットを素材としてシームレス鋼管の製造を行なった。ビレットの直径は約170~300mmである。また、シ

ームレス鋼管の外径は約114～244 mmであり、肉厚は約10～15mmである。シームレス鋼管の圧延方法は、マンネスマン穿孔法とマンドレル圧延法とを組み合わせた。

【0036】本実施例では、圧延終了後の加速冷却速度を連続冷却変態図に基づき、ベイナイト組織が得られる速度に制御した。焼入れ焼き戻し後の結晶粒度はいずれもASTM No. 10以上の細粒化組織が得られていた。特に再結晶温度以下で圧延を終了したA鋼、C鋼においては、ASTM No. 12以上の細粒化組織が得られていた。

【0037】また、加速冷却が終了した後に一回目の焼き戻しを実施したA鋼、C鋼においては、この焼き戻しを行わなかった場合に比較して、より微細な組織が得られた。また、発明鋼は表2に示した温度で焼き戻しを行うことによって、75kgf/mm²以上の降伏強度を示し、かつ、割れ限度比(σ_{th}/YS)は0.85以上の優れた耐SSCC性を示した。

【0038】しかし、上記A鋼、C鋼においても、加速冷却速度が適正化されず、焼入れ前の組織がマルテンサイト組織又はフェライト・パーライト組織であった場合*20

*には、焼入れ時のオーステナイト粒度番号(焼入れ焼き戻し後に測定されるオーステナイトの粒度番号である)はいずれもASTM No. 10以上の細粒組織を得ることが出来なかった。D鋼においては、加速冷却が終了した後に一回目の焼き戻し処理をAc₁変態点温度以上で実施したため、焼入れ時のオーステナイト粒度番号(焼入れ焼き戻し後に測定されるオーステナイトの粒度番号である)はいずれも場合もASTM No. 10以上の細粒組織とすることが出来なかった。

10 【0039】更に、G鋼、H鋼、I鋼は加速冷却速度を最適化して、焼入れ前の組織をベイナイト組織としたにもかかわらず、G鋼はMoを過剰に含有しているため、H鋼はCrとMoを含有していないため、また、I鋼はTiを過剰に含有しているため、結晶粒度はASTM No. 10以上の細粒組織を有するが、いずれも割れ限度比(σ_{th}/YS)は0.85以上を達成することができなかった。

【0040】

【表1】

		(wt%)												
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	V	Al	Nb	B	N
発明鋼	A	0.25	0.25	0.60	0.012	0.002	1.0	0.5	—	0.03	0.03	—	0.0020	0.0050
	B	0.25	0.25	1.60	0.012	0.002	1.0	0.7	—	—	0.05	0.03	0.0020	0.0070
	C	0.30	0.40	0.55	0.010	0.002	0.7	0.5	0.015	—	0.01	0.03	0.0015	0.0045
	D	0.25	0.25	0.70	0.014	0.003	1.2	0.7	0.010	—	0.06	—	0.0015	0.0040
	E	0.20	0.20	0.50	0.010	0.001	1.0	0.2	0.020	0.03	0.01	0.03	0.0010	0.0060
	F	0.27	0.40	0.60	0.001	0.001	0.7	0.3	0.015	0.035	0.02	0.03	0.0005	0.0040
比較鋼	G	0.25	0.25	0.60	0.012	0.002	1.0	1.5	—	—	0.03	—	0.0020	0.0060
	H	0.50	0.32	0.50	0.010	0.003	—*	—*	0.015	—	0.03	—	0.0010	0.0050
	I	0.30	0.30	0.60	0.012	0.001	1.0	0.5	0.05	—	0.06	0.03	0.0025	0.010

注) *: 本発明外の項目

【0041】

※ ※【表2】

	鋼	圧延終了 温度 (℃)	冷却速度 ¹⁾ (℃/sec)	冷却後の組織	1回目 焼戻し温度 (℃)	焼入れ温度 (℃)	2回目 焼戻し温度 (℃)	粒 度	YS (kgf/mm ²)	σ_{th}/YS
発明法	A	950	0.7	ベイナイト	—	920	710	10.5	80.6	0.85以上
	A	950	0.7	ベイナイト	690	920	715	11.0	81.0	0.85以上
	B	920	0.8	ベイナイト	—	950	720	11.0	78.5	0.85以上
	C	930	0.5	ベイナイト	—	880	690	11.5	78.1	0.85以上
	D	930	1.2	ベイナイト	—	900	720	10.5	80.5	0.85以上
	D	930	1.2	ベイナイト	700	920	725	11.0	81.2	0.85以上
	F	950	0.8	ベイナイト	—	920	715	11.0	81.7	0.85以上
	F	970	1.0	ベイナイト	—	850	690	11.5	86.3	0.85以上
	A	870	1.7	ベイナイト	—	910	680	12.0	87.5	0.85以上
	C	840	0.5	ベイナイト	—	920	705	12.5	88.0	0.85以上
比較法	A	950	0.07	フェライト・パーライト	—	920	720	8.0	79.3	0.60
	B	950	8.0	マルテンサイト	—	920	680	9.5	80.8	0.70
	D	930	1.2	マルテンサイト	780	920	670	9.5	77.8	0.50
	G	970	1.2	ベイナイト	—	950	675	11.0	83.9	0.75
	H	940	0.3	ベイナイト	—	920	670	10.5	77.8	0.50
	I	950	0.7	ベイナイト	—	920	710	11.0	80.1	0.70

注： 1) 圧延終了後ベイナイト変態終了までの冷却速度

【0042】

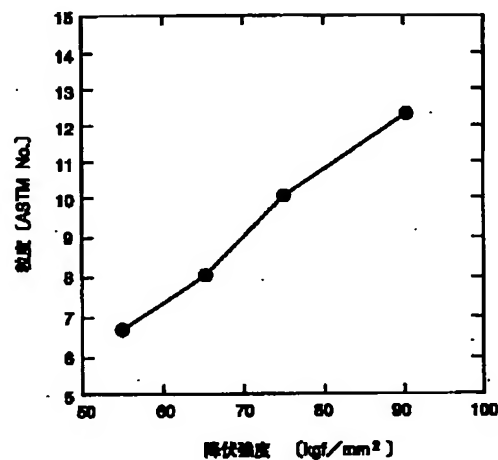
【発明の効果】このように本発明によるシームレス鋼管の製造法によれば、高強度と耐硫化物応力腐食割れ性が同時に高い水準であるシームレス鋼管が一回の焼入れ及び焼戻し処理によって得られ、これにより省エネルギー*

*および省コストを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】割れ限度比(σ_{th}/YS)0.85以上となる結晶粒度と降伏強度との関係を示す図である。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 勝己
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日
本鋼管株式会社内